

IICA/PROMECAFE/CIRAD-BIOS/PROCAFE

I N F O R M E F I N A L

Investigación en control de la broca del cafeto
enero de 1995 - julio de 2008

Bernard Pierre Dufour
San Salvador, enero de 2009

RÉSUMÉ

Ce rapport présente très brièvement les activités de 13 années de recherches sur la lutte contre le scolyte du café au Salvador, dans le cadre de la coopération scientifique et technique entre le CIRAD et l'IICA-PROMECAFÉ et PROCAFE. En premier lieu, sont présentés, le cadre institutionnel, les conditions de travail, le programme de recherche et la situation de la caféiculture dans le pays d'accueil. Les principaux résultats sont donnés sous la forme d'une compilation chronologique. Les résultats de la lutte biologique utilisant des parasitoides sont évoqués avec une certaine réserve quant à l'efficacité et les coûts d'application de ce type de lutte. Les résultats d'essais sur la technique de piégeage, la conception du piège BROCAP® et sa validation sont discutés et interprétés. Placé dans un contexte de protection intégrée, le piégeage est présenté avec des perspectives attractives en matière d'efficacité et de coût.

AGRADECIMIENTOS

Son 13 años que pase en El Salvador por motivo de trabajo de investigación específicamente en control de la broca del café, con el apoyo administrativo de la oficina del IICA/EL Salvador y el entorno técnico y científico de las oficinas de PROCAFE. Quiero agradecer todos los actores que facilitaron mi estadía en El Salvador y mi trabajo regional.

Deseo agradecer también:

- al Dr Mariano Olazabal y Dr Keith Andrews, que dirigieron sucesivamente la oficina de IICA/El Salvador, por el apoyo y la atención que me brindaron durante estos años,
- al personal de IICA/El Salvador que aprecio mucho y en especial a mi esposa, Iciar Pavez,
- a PROMECAFE y especialmente al Ing. Guillermo Canet por su confianza y la valoración de mi trabajo,
- al Lic. Mario Acosta, presidente de PROCAFE e Ing. Salvador Urrutia Loucel Gerente General de PROCAFE, por aceptarme en la esta Fundación, por la confianza brindada y la visión que tienen de la investigación.
- al Personal de PROCAFE por su amistad y amable colaboración en el desarrollo de mis actividades,
- a los productores de café de El Salvador que nos prestaron partes de su finca durante varios años para establecer ensayos de campo, especialmente los de trampeo.
- a todos los compañeros de México, América Central, Panamá y Caribe con quienes compartí estudios, simposios, reuniones durante muchos años.

IICA/PROMECAFE/CIRAD-BIOS/PROCAFE

INFORME FINAL

Investigación en control de la broca del cafeto
enero de 1995 - julio de 2008

Bernard Pierre Dufour
San Salvador, enero de 2009

CONTENIDO

<i>Agradecimientos.....</i>	<i>3</i>
<i>Parte 1 – Marco institucional, programa de investigación y condiciones de trabajo.....</i>	<i>4</i>
<i>Parte 2 - La caficultura en El Salvador.....</i>	<i>8</i>
<i>Parte 3 – La broca del fruto del cafeto: principales etapas del control en El Salvador...11</i>	
<i>Parte 4 - Principales actividades de investigación (títulos de informes).....14</i>	
<i>Parte 5 – Resultados de investigaciones en control biológico.....16</i>	
<i>Parte 6 – Resultados de investigaciones en trampeo20</i>	
<i>Parte 7 - Resultados de investigaciones en manejo integrado diseñado con tres componentes.....29</i>	
<i>Parte 8 – Conclusión general sobre las actividades científicas y técnicas.....34</i>	
<i>Parte 9 – Lista de publicaciones, documentos y presentaciones a workshops y congresos, desde 1996.....35</i>	
<i>Parte 10 - Principales documentos in extenso publicados en 2007 y 2008.....38</i>	

AGRADECIMIENTOS

Son 13 años que pase en El Salvador por motivo de trabajo de investigación específicamente en control de la broca del café, con el apoyo administrativo de la oficina del IICA/EL Salvador y el entorno técnico y científico de las oficinas de PROCAFE. Quiero agradecer todos los actores que facilitaron mi estadía en El Salvador y mi trabajo regional.

Deseo agradecer también:

- al Dr Mariano Olazabal y Dr Keith Andrews, que dirigieron sucesivamente la oficina de IICA/El Salvador, por el apoyo y la atención que me brindaron durante estos años,
- al personal de IICA/El Salvador que aprecio mucho y en especial a mi esposa, Iciar Pavez,
- a PROMECAFE y especialmente al Ing. Guillermo Canet por su confianza y la valoración de mi trabajo,
- al Lic. Mario Acosta, presidente de PROCAFE e Ing. Salvador Urrutia Loucel Gerente General de PROCAFE, por aceptarme en la esta Fundación, por la confianza brindada y la visión que tienen de la investigación.
- al Personal de PROCAFE por su amistad y amable colaboración en el desarrollo de mis actividades,
- a los productores de café de El Salvador que nos prestaron partes de su finca durante varios años para establecer ensayos de campo, especialmente los de trampeo.
- a todos los compañeros de México, América Central, Panamá y Caribe con quienes compartí estudios, simposios, reuniones durante muchos años.

PARTE 1

MARCO INSTITUCIONAL, PROGRAMA DE INVESTIGACION Y CONDICIONES DE TRABAJO

1. MARCO INSTITUCIONAL

1.1. IICA/PROMECAFE

Mi estadía en El Salvador se justifica a través del convenio de cooperación entre el IICA y el CIRAD y periódicamente, mediante una carta de entendimiento que especifica la asignación de los expertos del CIRAD en un país definido y un área del Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura en Centroamérica, Jamaica, República Dominicana y Panamá (PROMECAFE).

Esta asignación como Personal Profesional Internacional Asociado, especialista en entomología, implica responsabilidad de carácter laboral en el marco de PROMECAFE y apoyo a actividades del IICA, en eventos, estudios y proyectos que se ejecuten.

1.2. PROCAFE

El convenio de Cooperación entre IICA/PROMECAFE y PROCAFE me permite como entomólogo destacado, realizar mis actividades conforme a los términos de referencia siguientes:

A nivel nacional:

- Fortalecer y desarrollar la capacidad institucional de PROCAFE en entomología del café,
- Participar en la revisión actualizada del nivel de conocimiento que se tiene sobre la principal plaga del café en El Salvador, la broca del fruto y colaborar con PROCAFE en el establecimiento de un diagnóstico periódico,
- Diseñar y desarrollar programas de investigación sobre el control de broca a mediano y largo plazo,
- Capacitar al personal técnico nacional involucrado en el proyecto mediante seminarios, talleres, asesoría y otros medios,
- De conformidad con PROCAFE, colaborar en la elaboración del plan operativo y presupuesto anual de las actividades a desarrollar,
- Colaborar en la búsqueda de fondos externos para el desarrollo de nuevos proyectos, además de las actividades programadas,
- Preparar informes para PROCAFE y PROMECAFE sobre los avances de los trabajos de investigación,

- Publicar los resultados de las investigaciones realizadas de común acuerdo con PROCAFE y preparar materiales de divulgación a nivel técnico.

A nivel regional:

- Realizar misiones oficiales de asesoría técnica o de coordinación científica a los países miembros de PROMECAFE, de conformidad a lo programado y/o petición de estos países.
- Participar en la organización y coordinación de actividades de capacitación y de eventos científicos (congresos, simposios, talleres) patrocinados por PROMECAFE,
- Fortalecer la coordinación interinstitucional con entidades regionales que están contribuyendo al mejoramiento de la caficultura.

2. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

Se identificaron tres principales temas de investigación relacionados con la broca, que corresponde al problema de plagas más grave de la caficultura en El Salvador y la región:

- Tema 1: (1995-1996): control biológico de la broca con parasitoides de origen africano, especialmente *Cephalonomia stephanoderis* betrem,
- Tema 2: (1997-2003): control de la broca con la técnica de trampeo,
- Tema 3: (2004-2008): manejo Integrado de la broca diseñado con tres componentes.

2.1. Control biológico de la broca con parasitoides

El programa de control biológico con *C. stephanoderis* iniciado en El Salvador a partir de enero 1995 constituyó el seguimiento del programa desarrollado en Nicaragua. Su objetivo era de determinar la eficacia de este control en el campo, en función de las cantidades de parasitoides liberadas y de la técnica de liberación. Se experimentaron dos tratamientos por la técnica de liberación clásica (liberación de parasitoides recién emergidos): 1 parasitoide por 1 fruto brocado y 1 parasitoide por 4 frutos brocados. Se experimentó un solo tratamiento por la técnica de auto-liberación (parasitoides en espera de emergencia a dentro de frutos provenientes de cría) con una proporción estimada a 1 parasitoide por 1 fruto brocado.

De manera más puntual, se trabajó también la cría y la liberación de *Prorops nasuta* Waterston y de *Phymastichus coffea* La Salle.

2.2. Control de la broca con la técnica de trampeo

El trampeo de la broca fue una iniciativa original experimentada por primera vez en El Salvador a final de 2006. El año siguiente, se elaboró el método de trampeo y se puso en marcha una serie de pruebas que permitieron crear un primer modelo de trampa y definir su capacidad de captura.

A mediados de 2007 un proyecto interno sobre trampeo de broca fue presentado a la Gerencia de PROCAFE que lo asoció a la programación de actividades científicas de la Fundación. Este proyecto fue ejecutado en 1998 y 1999 con fondos propios. En este periodo se estudiaron todos los aspectos del trampeo: modelos de trampas, atrayentes, difusión, distribución espacial de las trampas en el campo, eficacia, comportamiento de la broca en fase de migración, especificidad de las trampas, etc. Luego se elaboró un prototipo de trampa que fue sometido a diferentes pruebas.

A partir del prototipo se lanzó el año 2000, la fabricación industrial de la trampa BROCAP, en el marco de una colaboración CIRAD/PROCAFE y contratación de una empresa salvadoreña que fabrica envases de plástico (Salvaplastic). Este mismo año, se realizó la primera fase de validación de la trampa BROCAP® y se inició el proceso de inscripción de marca y trámites de patente.

De 2001 a 2003, se realizó la segunda fase de validación y una serie de perfeccionamientos de la trampa BROCAP®.

En 2004, la trampa BROCAP® fue experimentada en condiciones de pleno sol (Nicaragua). Se realizaron pruebas comparativas BROCAP® vs trampas artesanales (El Salvador).

○ **2.3. Manejo Integrado de la broca (MIB) diseñado con tres componentes**

Durante los años de experimentación y validación del trampeo, se observaron deficiencias en la eficacia de esta técnica, relacionadas con la calidad del manejo de las parcelas. Así se tomó la decisión de estudiar el trampeo, tomando en cuenta aspectos del manejo para ver como se podía estabilizar el nivel de eficacia arriba del 90% con respecto a testigos sin control. De 2004 hasta 2005 se elaboró la metodología y de 2006 hasta 2007 se afinó la técnica de control que llamamos ahora “MIB diseñado con tres componentes”.

3. CONDICIONES DE TRABAJO

3.1. Oficina Central de PROCAFE y áreas de experimentación

La oficina central de PROCAFE se ubica en Santa Tecla. Allí están los laboratorios donde se realizaron los trabajos preparatorios para ensayos de trampeo de broca y estudios de olfatometría. En la mayoría de los casos los ensayos de campo se instalaron directamente en fincas privadas ubicadas en los alrededores de Santa Tecla para reducir los tiempos y costos de transporte (Fincas El Espino, Esmeralda). Pocos ensayos se realizaron en los propios centros experimentales de PROCAFE que son más lejos y donde no hay bastante espacio para montar grandes experimentaciones.

3.3. Recursos materiales locales

El proyecto de transferencia de tecnología financiado por la USAID en 1992, ha permitido el desarrollo de PROCAFE en cuanto a su capacidad de investigación en café, el manejo de un nuevo programa de transferencia, la capacitación del personal tanto administrativo como técnico y científico y también la modernización de su equipamiento de laboratorio y de transporte. Hasta la fecha, se ha aprovechado toda la

inversión de este proyecto, de tal forma que durante estos últimos años de restricciones financieras, se ha podido seguir investigando en PROCAFE.

3.4. Recursos financieros externos

Los principales recursos financieros que apoyaron la investigación en broca fueron otorgadas por el Ministerio Francés de Relaciones Exteriores, especialmente para armar el proyecto de fabricación industrial de la trampa BROCAP® y dar seguimiento al proyecto MIB diseñado en tres componentes.

3.5. Recursos humanos

Los diferentes proyectos, tanto de control biológico como de trampeo y de MIB fueron integrados, cada año, al programa de investigación de protección vegetal de PROCAFE. En este contexto, algunos miembros del personal técnico fueron asignados a actividades de campo (establecimiento de parcelas de ensayos, muestreos, toma de datos, etc.). Para apoyar las actividades de laboratorio (microscopía, olfatometría, recuento de insectos, etc.), varios estudiantes fueron contratados en el marco de sus trabajos de tesis de licenciatura.

3.6. Apoyo a PROMECAFE para actividades regionales

Desde 1995 hasta la fecha, varias actividades se organizaron en forma de talleres tales como montajes microscópicos de cochinillas (El Salvador), elaboración de perfiles de proyectos (Guatemala), seminarios regionales tales como la reunión internacional de broca en Costa Rica en 2002. Últimamente, se organizaron viajes a Honduras, Jamaica y República Dominicana para apoyar a los participantes en la instalación de las parcelas experimentales del proyecto regional sobre MIB.

Varios resultados de investigación en broca fueron presentados en los Simposios organizados por PROMECAFE: en San Salvador (El Salvador, 1995), San José (Costa Rica, 2000), San Pedro Sula (Honduras, 2003) y San Salvador (El Salvador, 2005).

3.7. Apoyo al IICA para misiones específicas

Pocas fueron las intervenciones solicitadas por el IICA. Sin embargo se realizó una misión de información sobre el control de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus* Green) en la región del caribe, en marzo 1997, con el objetivo de preparar un programa de capacitación sobre los aspectos relacionados con la introducción accidental de la cochinilla rosada en otros países (biología, identificación, control, muestreo, vigilancia, cuarentena, etc.). En 2002, una misión de capacitación sobre el uso de la trampa BROCAP® en Haití se organizó con el apoyo de la oficina del IICA de este país.

PARTE 2

LA CAFICULTURA EN EL SALVADOR

El café es el cultivo de exportación más importante de El Salvador y una de las principales fuentes de ingresos (244 millones de dólares en 1990). La caficultura tiene una importancia estratégica como generadora de empleos rurales: así, en la cosecha 1999/2000, se contrataron, 39.6 millones de jornales, los cuales equivalen a 158 400 empleos permanentes sólo en el sector agrícola (CEPAL, 2002)¹. Desde el punto de vista ambiental, el cultivo del café contribuye a la protección de los ecosistemas, ya que la mayor parte de la cobertura vegetal del país se debe al sistema de cultivo bajo sombra.

Las principales zonas cafetaleras de El Salvador se ubican en las cadenas montañosas y volcanes (Cuadro 1). La mayor parte de las áreas cafetaleras pertenecen a grandes y medianos productores. Sin embargo, los pequeños productores son los más numerosos (Cuadro 2).

Cuadro 1. Áreas cafetaleras por región

	Área (mz)	Zona	Rango de altura (pies)
Región occidental	119,832	Apaneca – Ilamatepec	1,640 – 6,561
		Alotepeque - Metapán	3,000 – 6,184
Región Central	66,132	Cordillera del Bálsamo	1,640 – 4,920
		Chichontepec	1,640 – 3,280
Región oriental	43,957	Tecapa – Chinameca	1,640 – 4,920
		Cacahuatique	1,640 – 4,920

Fuente: PROCAFE, 2005

Cuadro 2. Número de productores y superficie por estratos de tamaño de fincas

Estratos (mz)	Número de productores	Superficie (mz)
Menos de 3	11,708	11,088
3.0 a 10.0	6,435	22,491
10.1 a 25.0	2,403	24,986
25.1 a 50.0	1,266	29,700
50.1 a 100.0	900	41,453
100.1 a 150.0	369	29,167
150.1 a más	407	71,036
Total	23,488	229,921

Fuente: PROCAFE, 2005

¹ **CEPAL, 2002.** Centroamérica: el impacto de la caída de los precios del café en 2001. LC/MEX/R.822, 60 p + anexos.

Las variedades más cultivadas en el país son Bourbon y Pacas (Cuadro 3). En el periodo comprendido entre los ciclos 1991/92 y 2003/04, la producción cafetalera bajó de manera drástica y el área cultivada se redujo (Cuadro 4).

Cuadro 3. Principales variedades de cafetos en el bosque cafetalero de El Salvador

Variedades	Área (Mz)	Proporción (%)
Bourbon	96,038	41.77
Pacas	41,156	17.90
Bourbon/pacas ²	74,242	32.29
Pacas/Bourbon ³	13,542	5.89
Otros ⁴	4,943	2.15
Total	229,921	100.00

Fuente: PROCAFE, 2005

Cuadro 4. Área, producción y productividad del café en el periodo 1991/92 – 2003/04

Año cosecha	Área (mz)	Producción (qq oro uva)	Productividad (qq oro uva/mz)
1991/92	234,600	3,153,700	13,44
1992/93	234,600	4,306,200	18,36
1993/94	234,600	3,403,300	14,51
1994/95	234,600	3,360,600	14,32
1995/96	231,700	3,239,100	13,98
1996/97	231,700	3,305,900	14,27
1997/98	231,700	3,002,400	12,96
1998/99	231,751	2,621,900	11,31
1999/00	231,751	3,712,600	16,02
2000/01	231,751	2,406,098	10,38
2001/02	229,921	2,383,076	10,36
2002/03	229,921	1,963,400	8,54
2003/04	229,921	1,922,220	8,36

Fuente: PROCAFE, 2005

Estos últimos 10 años, los bajos precios internacionales ocasionaron una situación de crisis de divisas a nivel nacional y afectaron las actividades conexas a la producción del grano (Fig. 1). Así, numerosos productores, en su mayoría, pequeños y medianos, registraron pérdidas económicas severas que se vinieron a sumar a la menor rentabilidad registrada en los ciclos anteriores y que no les permitieron pagar sus

² Mezcla de variedades donde Bourbon representa el 69% y Pacas el 31%

³ Mezcla de variedades donde Pacas representa el 64% y Bourbon el 36%

⁴ Otros = Catuaí, Catisic, Tekisic, Pacamara, Catimor, Caturras, etc.

deudas con los bancos y los exportadores. Por lo tanto, muchas fincas fueron abandonadas o desatendidas, provocando un considerable aumento de desempleo en el campo (CEPAL, 2002).

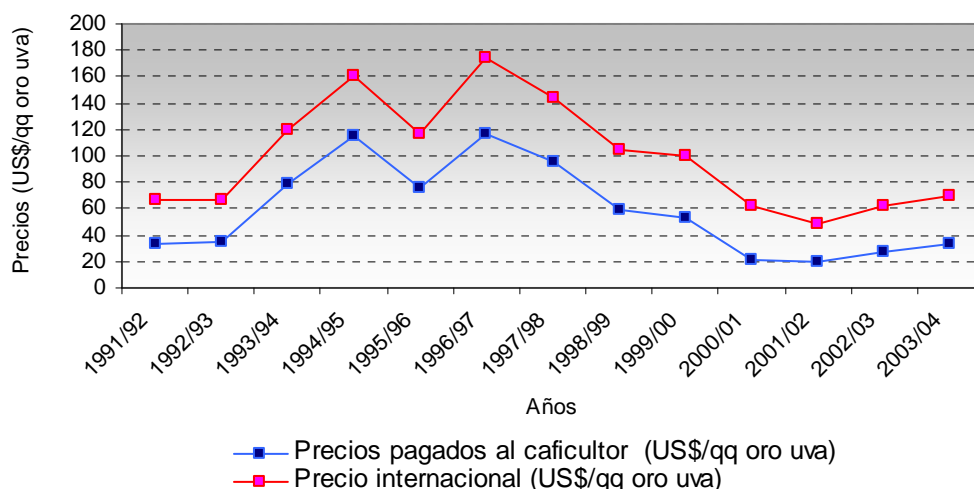


Fig. 1. Precio nacional e internacional del café, período 1990/91 – 2003/04 (PROCAFE, 2005)⁵

El efecto del abandono de los cafetales se observó en 2003 con el fuerte aumento de las infestaciones de broca en El Salvador así como en los países vecinos (Dufour et al, 2007), lo que generó la puesta en marcha de una serie de medidas de control para salvar la cosecha del año.

Para evitar tales situaciones de emergencia, se tomó la decisión de aumentar el campo de investigación sobre los métodos no químicos de control de broca, especialmente el trampeo, asociándolo con componentes del manejo integrado.

Con los últimos resultados de investigación y las recomendaciones sobre el manejo integrado en tres componentes (Dufour, 2008), se espera ahora controlar la broca con mas eficiencia y menor costo.

⁵ **PROCAFE, 2005.** Boletín estadístico de la caficultora 2005, El Salvador. Ed. PROCAFE, San Salvador, 2005, 28 p.

PARTE 3

LA BROCA DEL FRUTO DEL CAFETO: PRINCIPALES ETAPAS DEL CONTROL EN EL SALVADOR

Descubrimiento de la broca

En El Salvador, la broca se detectó en la finca “Sabanetas”, cantón El Paste, municipio de Chalchuapa, departamento de Santa Ana, en septiembre de 1981. En 1984 se estimó a 4,696 mz el área afectada, en 1987 alcanzó 20,000 mz y en 1989 sobrepasó 100,000 mz.

Primeras medidas de control

El control químico fue la primera medida utilizada. El endosulfan fue reconocido como el insecticida más efectivo sobre la broca.

Implementación del manejo integrado

Con la realización de un proyecto regional de control biológico con parasitoides financiado por la comunidad europea (1989 – 1994) una serie de actividades de control se definieron, y se aplicaron mientras que el control biológico estaba al inicio de su desarrollo. Así se recomendaron las medidas siguientes: cosecha estricta, luego cosecha sanitaria (repela y pepena), poda de cafetos y sombra, control de malezas y evaluación de los niveles de infestación con un método de muestreo.

Desarrollo del control biológico

En El Salvador, el control biológico fue exitoso al igual que en los países socios del proyecto: México, Guatemala y Honduras. Así, se introdujeron las dos primeras especies de parasitoides de la broca: *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y *Prorops nasuta* Waterson.

De 1990 hasta 1994, PROCAFE multiplicó las dos especies, dando prioridad a *C. stephanoderis*, mas indicado a desarrollarse en las condiciones de El Salvador. Un primer laboratorio de cría se estableció en el Centro de Investigación de PROCAFE con el objetivo de producir pies de cría de *C. stephanoderis* e investigar en control biológico. Sin embargo en 1993, caficultores innovadores ya habían establecido 41 laboratorios de cría por su propia cuenta, con el apoyo de PROCAFE. A estas crías se les atribuyó el término “crías rurales” por la forma rustica de producción.

De 1994 a 1998, PROCAFE instaló siete laboratorios de producción distribuidos en las diferentes regiones cafetaleras. El proyecto FONAES apoyó la iniciativa con la construcción de 14 laboratorios adicionales. Este proyecto siguió hasta 2001.

El cuadro 5 resume la contribución total de cada clase de laboratorio en la producción de parasitoides producidos y liberados.

Cuadro 5. Resumen de producción y liberación de *C. stephanoderis* por los laboratorios de control biológico de broca en El Salvador de 1994 a 2000.

LABORATORIO	No. LABORAT.	PRODUCCION		LIBERACION	
		PARASITOIDES	%	PARASITOIDES	%
		(Millones)		(Millones)	
PROCAFE	6	98.219	67.3	80.574	70.5
PARTICULAR	70	45.610	31.3	32.301	28.3
FONAES	14	2.092	1.4	1.437	1.3
TOTAL	90	145.921	100.0	114.312	100.0

¿Cual fue la estrategia de PROCAFE para promover el control biológico?

- En primer lugar fue de regalar los parasitoides a los productores para la liberación en su propia finca. La recomendación de PROCAFE fue de 3,000 parasitoides liberados por mz y por año. En realidad, esta cantidad fue definida de manera intuitiva en función de las cantidades producidas o disponibles y no en función de las cantidades verdaderamente necesarias a un control efectivo de la broca.
- Por otro lado, la fuerte demanda en café brocado como principal sustrato para la cría de parasitoides, ha generado la costumbre de repelar y pepenar después de la cosecha. En realidad, estas actividades participaron ampliamente a disminuir las poblaciones de broca residuales en el campo y por lo tanto contribuir a la reducción de los niveles de infestación.

¿Cual fue el futuro de las otras especies de parasitoides?

- La cría de *P. nasuta* fue abandonada porque era difícil multiplicarla en laboratorio.
- Una nueva especie, *Phymastichus coffea* LaSalle, recientemente identificada, fue introducida varias veces para su cría en laboratorio, pero sin éxito por falta de seguimiento.

Después de 2001, con el fin del proyecto FONAES y la reducción del presupuesto de PROCAFE, se cerraron la mayoría de los laboratorios de producción de *C. stephanoderis* y se paró el desarrollo del control biológico con parasitoides.

Desarrollo del trampeo

Las primeras pruebas de trampeo de broca se realizaron en PROCAFE el año 1996, sin resultado. Los verdaderos estudios empezaron a principios de 1997 y siguieron hasta 2000, año de la primera fabricación industrial de la trampa BROCAP®. Después de la validación de la trampa en El Salvador y la demostración del trampeo en América Central, República dominicana, Jamaica y México, el método se desarrolló en todas partes, dando oportunidades al propio desarrollo de las trampas artesanales.

Inicio del Manejo Integrado de la Broca (MIB)

Para aumentar y estabilizar los niveles de eficacia del trampeo, se elaboró una nueva técnica que integra cosecha sanitaria y control agronómico, que llamamos: MIB diseñado con tres componentes. Actualmente su validación y su divulgación en El Salvador y los países miembros de PROMECAFE están en proceso.

Inicio del control biológico con *Beauveria bassiana*

Esta alternativa de control se está implementando en El Salvador desde junio de 2008.
Hasta la fecha no se ha estudiado la eficacia de este control.

PARTE 4

PRINCIPALES ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN (Títulos de informes)

Control biológico

- **Eficacia del control biológico de la broca del cafeto con *C. stephanoderis* Betrem en periodo de post-cosecha en función de la cantidad relativa liberada: primera fase.** - *Informe de ensayo - año 1995.*
- **Eficacia del control biológico de la broca del cafeto con *C. stephanoderis* Betrem en periodo de post-cosecha en función de la fecha de liberación.** - *Informe de ensayo - año 1995.*
- **Eficacia del control biológico de la broca del cafeto con *C. stephanoderis* Betrem en periodo de post-cosecha en función de la cantidad relativa liberada: segunda fase.** - *Informe de ensayo - año 1996.*
- **Eficacia del control biológico de la broca del cafeto con *C. stephanoderis* Betrem en periodo de post-cosecha en función de la técnica de liberación.** - *Informe de ensayo - año 1996.*

Trampeo

- **Estudio del trampeo de broca en condiciones de campo.** - *Informe de ensayos - años 1997 y 1998.*
- **Estudios básicos para la elaboración de trampas de broca del fruto del cafeto.** - *Informe de ensayos - año 1999.*
- **Elaboración de la trampa BROCAP®: primera fabricación industrial.** – *Síntesis de los principales logros - año 2000.*
- **Validación del trampeo de la broca del café con la trampa BROCAP®.** - *Informe de ensayos - años 2001 y 2002.*
- **Estudios orientados hacia el perfeccionamiento del método de trampeo y la optimización de la trampa BROCAP®.** - *Informes de ensayos – años 2000 y 2001.*

- **Estudios complementarios sobre la trampa BROCAP®.** - *Informes de ensayos – años 2002 y 2003.*
- **Estudio de trampeo en “pleno sol”.** - *Informe de ensayo - año 2004.*
- **Comparación de la eficacia de la trampa BROCAP® con una trampa de fabricación artesanal.** - *Informe de ensayo - año 2004.*

Manejo integrado de la broca (MIB)

- **Evaluación del trampeo en el marco del manejo integrado de la broca del café.** – *Resultados de ensayos - años 2004, 2005 y 2006.*
-
- **Evaluación del trampeo en el marco del manejo integrado de la broca del café (última fase).** – *Resultados de ensayo - año 2007 - en proceso de publicación.*
- **Manejo integrado de la broca del café diseñado con tres componentes.** – *Documento de divulgación para IICA/PROMECAFE – dos ediciones en español, una en inglés - años 2007 y 2008.*
- **Validación del manejo integrado de la broca del café con tres componentes, en cafetales de Honduras, El Salvador, República Dominicana y Jamaica.** *Informe de proyecto regional para IICA/PROMECAFE, 2006-2008.*

PARTE 5

RESULTADOS DE INVESTIGACIONES EN CONTROL BIOLOGICO

1. Eficacia del control biológico de la broca del cafeto con *C. stephanoderis* betrem en periodo de post-cosecha en función de la cantidad relativa liberada: Fases I et II

La liberación de himenópteros parasitoides en periodo de post-cosecha es una estrategia que permite reducir las poblaciones de broca residual por depredación y parasitismo, en un periodo de transición entre cosecha y nueva fructificación, cuando la broca tiene dificultad para sobrevivir.

Este estudio tenia como objetivo evaluar la eficacia de las liberaciones de *C. stephanoderis* en parcelas de 0.5 mz, no con cantidades definidas de manera arbitraria, pero con cantidades proporcionales al número de frutos perforados albergando broca viva. Con esta técnica, era imperativo evaluar previamente las cantidades de frutos brocados y de broca viva para poder calcular las cantidades de parasitoides a liberar. Las condiciones experimentales y los resultados son presentados en el cuadro 6 y la figura 2.

Cuadro 6. Disminución del nivel de infestación de broca después de las liberaciones de *C. stephanoderis* y expresión de la eficacia por cada proporción parasitoide/fruto brocado

	Repe- tición	Trata- miento 1	Trata- miento 2	Testigo 1	Trata- miento 3	Trata- miento 4	Testigo 2
Tasa de liberación parasitoides/frutos residuales con broca viva		1:1	1:4	-	1:7	1:10	-
Cantidad de broca por cafeto en la nueva fructificación	R1	40.77	50.12	77.95	98.05	113.81	101.57
	R2	20.33	38.18	62.46	88.41	74.91	147.97
	R3	26.07	41.60	101.41	66.99	101.53	101.45
	R4	-	-	-	47.13	130.29	92.39
Promedio		29.06±9.74	43.30±5.68	80.60±18.12	75.1±19.3	105.1±19.8	110.8±21.3
Reducción del nivel de población de broca (%)		63.95	46.28	0.00	32.21	5.15	0.00

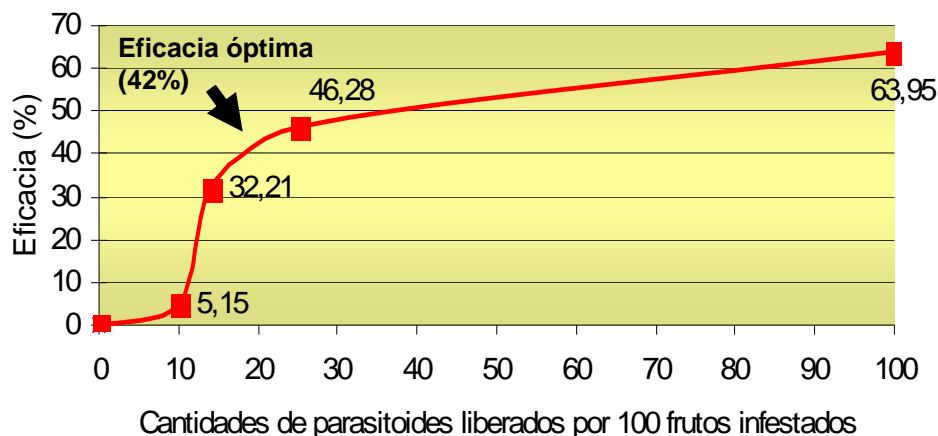


Fig. 2. eficacia de *C. stephanoderis* en función de la proporción parasitoide/frutos infestados, liberada

El punto de inflexión de la curva de eficacia corresponde a la eficacia óptima por una liberación de aproximadamente de 20 parasitoides por 100 frutos brocados con broca viva.

Arriba de 25 parasitoides por 100 frutos, la eficacia sube poco, seguramente por el efecto negativo de interacciones intra-específicas.

Debajo de 10%, la eficacia es casi nula.

La alternativa más racional económicamente es lograr un óptimo de eficiencia. Por ejemplo, después de una buena cosecha sanitaria (repela y pepena) dejando solamente 20.000 frutos brocados con broca viva por mz, se puede lograr un 42% de eficacia si se libera 4.000 parasitoides. Sin embargo, con una cosecha sanitaria mucho mas estricta, bajando la cantidad de frutos brocados con broca viva a 10.000 por mz, no se sabe si la capacidad de búsqueda del parasitoide va ser suficiente para alcanzar el mismo nivel de eficacia.

1. Eficacia del control biológico de la broca del cafeto con *C. stephanoderis* betrem en periodo de post-cosecha en función de la fecha de liberación

El objetivo de este estudio era determinar el rol de la fecha de liberación de *C. stephanoderis*, durante el periodo de post-cosecha, sobre el control de la broca. Las cantidades totales liberadas eran proporcionales al número de frutos perforados albergando broca viva, con una tasa de 1:1. Se probaron liberaciones tempranas

(febrero-marzo) y tardías (abril-mayo). Las condiciones experimentales y los resultados son presentados en el cuadro 7.

Cuadro 7. Expresión de la eficacia por cada modo de liberación: temprana o tardía

	Repetición	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Testigo
Modo de liberación		Liberación temprana	Liberación tardía	-
Tasa de liberación parasitoides/frutos residual con broca viva		1:1	1:1	
Cantidad de broca por cafeto en la nueva fructificación	R1	40.77	34.28	77.95
	R2	20.33	23.55	62.46
	R3	26.07	130.65	101.41
Promedio		29.06	23.83	80.60
Reducción del nivel de población de broca (%)		63.95	70.44	0.00

No hay diferencia significativa de eficacia entre liberaciones tempranas y tardías, en periodo de post cosecha. Este resultado indica que *C. stephanoderis* se adapta al ciclo de la broca, actuando más como parasitoide al inicio del periodo de post-cosecha cuando la broca residual sigue reproduciéndose en los frutos y más como depredador, al final al final del periodo, cuando la broca ya no se reproduce.

1. Eficacia del control biológico de la broca del cafeto con *C. stephanoderis* betrem en periodo de post-cosecha en función de la técnica de liberación

El objetivo de este estudio era de comparar la metodología clásica de liberación con otra alternativa de liberación que consiste en colocar directamente en el campo, frutos brocados albergando poblaciones de *C. stephanoderis* en pleno desarrollo. Este proceso que llamamos “autoliberación” tiene como principal ventaja preparar los parasitoides a una emergencia e una adaptación rápida a nuevas condiciones ambientales. Los resultados son presentados en el cuadro 8.

Cuadro 8. Expresión de la eficacia por cada modo de liberación

	Repetición	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Testigo
Modo de liberación		Liberación clásica (parasitoides adultos)	Autoliberación (frutos con parasitoides)	-
Tasa de liberación: parasitoides/ frutos residual con broca viva		1:7	1:7 (estimación)	-
Cantidad de broca por cafeto en la nueva fructificación	R1	98.05	40.70	101.57
	R2	88.41	72.23	147.97
	R3	66.99	70.90	101.45
	R4	47.13	73.15	92.39
Promedio		75.14±9.30	64.25±13.35	110.84±21.32
Reducción del nivel de población de broca (%)		32.21	42.04	0.00

No hay diferencia significativa de eficacia entre liberación clásica y autoliberación. Sin embargo la autoliberación se percibe como más efectiva. En realidad tiene dos ventajas: las hembras *C. stephanoderis* emergen directamente en el campo con mejor probabilidad de sobrevivencia, por otro lado el proceso de producción en laboratorio es más corto ya que se quita la fase de recolección de adultos.

4. Conclusión sobre el control biológico con *C. stephanoderis*

No se puede controlar muy bien la broca solamente con el uso de *C. stephanoderis*, porque la eficacia no sobrepasa el 70% y para alcanzar este nivel, se necesita liberar altísimas cantidades de parasitoides. Dos factores explican esta limitación de la eficacia: 1) *C. stephanoderis* no tiene una buena capacidad de búsqueda en los frutos residuales del suelo, entonces deja viva una parte de la población de broca; 2) En el caso de fuertes liberaciones, se ha notado interacciones negativas entre individuos de la misma especie, lo que les incita a migrar hacia otras parcelas.

Los cambios de fecha y de técnica de liberación, no logran aumentar la eficacia del control de manera significativa. Los costos del control, no son atractivos tampoco. Por ejemplo, con una tasa de liberación de un parasitoide (producido por PROCAFE) por cinco frutos brocados residuales con broca viva, y una eficacia esperada de 42%, el costo será de 57 dolares/mz. Con una tasa de uno por uno, y una eficacia de 64%, el costo subirá a 286 dolares/mz.

Si se logra producir *C. stephanoderis* a escala industrial, con un precio mucho más bajo, *C. stephanoderis* podría ser una alternativa válida como controlador biológico, pero solamente en el marco del manejo integrado.

PARTE 6

RESULTADOS DE INVESTIGACIONES EN TRAMPEO

1. Técnica y material de trampeo

Tipo de ensayo	Resultados
Propiedades atractivas de la mezcla etanol- metanol	
Etanol y metanol solos y mezclados	Mezcla muy activa cuando: 75% > concentración del metanol > 50%
Etanol y metanol solos y mezclados	
Proporciones de etanol y de metanol	
Investigaciones sobre atractividad de otros	
Extractos frescos de café-cereza y de broca	Ningún efecto
Café oro en polvo	Ningún efecto
Difusión E-M ⁶ + 2 sustancias volátiles de cerezas	Leve efecto sinergista de los 2 terpenos probados
Difusión E-M + varios terpenos	Leve efecto del limoneno
Difusión E-M + terpenos ⁷ 1, 3 y 4	Ningún efecto especial del (-) α pineno
Difusión E-M + terpenos 2, 5 y 6	Sinergismo del cimeno, repelencia del canfeno
Difusión E-M + terpenos de <i>arabica</i> , de <i>canephora</i> y	Ningún efecto especial, pero capturas leves
Difusión E-M + limoneno con concentraciones diferentes +	Ningún efecto especial
Difusión E-M + terpenos comunes de <i>arabica</i> y <i>canephora</i>	Efecto repelente de las concentraciones crecientes de
Difusión de la mezcla etanol-metanol 50:50	
Rol de la tasa de difusión sobre las capturas	Ningún efecto visible porque capturas muy leves
Rol de la tasa de difusión sobre las capturas (replica)	Mayores capturas con 0.347g/día que con 0.124g/día,
Difusores	
"Picodrops NPP" con y sin terpenos	Resultado muy malo con estos difusores
"Picodrops NPP" con diferentes solventes	
"Picodrops NPP" con y sin terpenos + glicerol	
Difusores con mecha de cerámica	
Influencia del color	
Color de los difusores	Ningún efecto del color de los difusores
Color de las trampas	Mejor captura con las trampas rojas
Influencia de la altura de las trampas	
Trampa experimental "1B"	Mejores capturas a 1.20 m
Prototipo del BROCAP	
Modelos de trampas	
Modelos "1A" y "1B"	Ninguna diferencia (niveles de captura leves)
Modelos "1B" y "2A"	Ventaja de la trampa "2A" por sus aperturas anchas
Modelos "1B", "3A", "3B", "Multipher A y B"	Ventaja de las trampas "1B" y "3A"
Modelos "3B" y "3A" con y sin tapadera	Ventaja de la trampa "3A" sin tapadera (abierta)
Modelos "1B" y "2A" y prototipo BROCAP	Fuerte ventaja del prototipo BROCAP
Modelos "1B" y "2A" y prototipo BROCAP	Confirmación: ventaja del prototipo BROCAP
Diferentes formas del prototipo BROCAP	Ventaja del prototipo BROCAP con divisiones

⁶ E-M = mezcla etanol-metanol 50:50

⁷ T1 = (-) α pineno, T3 = mirceno, T4 = linalol, T2 = (+) limoneno, T5 = canfeno, T6 = cimeno

Técnica y material de trampeo (a continuación)

Tipo de ensayo	Resultados
Cantidad de trampas por unidad de área (modelo	
Varias densidades: 8, 16, 24 y 32 trampas "1B"/mz ⁸	Optima con la densidad de 16 trampas "1B"/mz
Líquido de captura con antisépticos	
Rol del: NaClO, Ca (ClO) ₂ , y detergente NPP	Efecto repulsivo de estos antisépticos
Los diseños experimentales (modelo "1B")	
Distribución de los tratamientos al azar	Ninguna diferencia (niveles de captura leves)
Distribución de los tratamientos por línea	
Distribución de los tratamientos en grupos	
Distribución de los tratamientos en círculo	
Realización de la trampa BROCAP[®]	
Elaboración de la trampa BROCAP[®] a partir de todos los resultados de ensayos realizados de 1997 a 1999 (Fig. 3)	Primera fabricación de la trampa al inicio del año 2000. Registro de la marca BROCAP[®] y trámites para patentar la trampa
Perfeccionamiento del BROCAP[®]	
Prueba con diferentes densidades: 8, 12, 16 y 20 trampas BROCAP[®] /mz	Optimo de captura logrado con una densidad de 12 trampas/mz. Mejor resultado con 20 trampas/mz
Prueba de difusión con el difusor BROCAP[®]	Ninguna diferencia de captura con tasas de difusión de 0.185 g/día hasta 0.671 g/día (producidas por orificios de diferentes diámetros)
Marcas comerciales de metanol	Ninguna diferencia entre marcas
Protección del BROCAP[®] contra la acumulación de desechos vegetales (techo, red, rejilla)	Ninguna diferencia con respecto a un testigo sin protección
Líquido de captura con antisépticos que tienen un efecto de preservante más o menos prolongado	Pequeño interés del hipoclorito de sodio. Los otros productos son ineficaces, caros o tóxicos
Determinación de las proporciones adecuadas de etanol y de metanol para la mezcla comercial	Interés por la mezcla etanol-metanol 30:70
Adición de bitrex [®] (anti-ingestión)	Ningún efecto repulsivo con 20 ppm hasta 100 ppm. Sabor muy amargo a partir de 60 ppm.
Rol del color del techo	Ningún efecto especial del color
Efecto de la rotación de trampas	Menos capturas con 6 trampas/mz en rotación que 12 trampas/mz fijas (la mitad capturada). La rotación no permite reducir el número de trampas
Primera evaluación del BROCAP[®] (sin techo) en plantación con pleno sol. Colocación de las trampas sobre cafetos o soportes	Ninguna diferencia de captura con los 2 sistemas de colocación. Disminución de la tasa de difusión de 0.24 g/día hasta 0.14 g/día en periodo de lluvia
Evaluación de 6 modelos de trampas artesanales en comparación con el BROCAP[®]	BROCAP[®] captura más que las trampas artesanales. Su precio unitario es más elevado pero su duración de vida útil es más larga

⁸ mz = manzana = 7000 m² o 0.7 ha



Fig. 3. Trampa BROCAP®

2. Observaciones sobre la migración y la captura de la broca

Influencia de la lluvia sobre el proceso de migración en periodo de post-cosecha (Fig. 4): entre los factores del clima, la lluvia es el principal responsable de las migraciones de broca y por lo menos el más evidente: todos los picos de migración están precedidos por una lluvia. Se ha observado que algunos milímetros de lluvia son suficientes para provocar el primer pico.

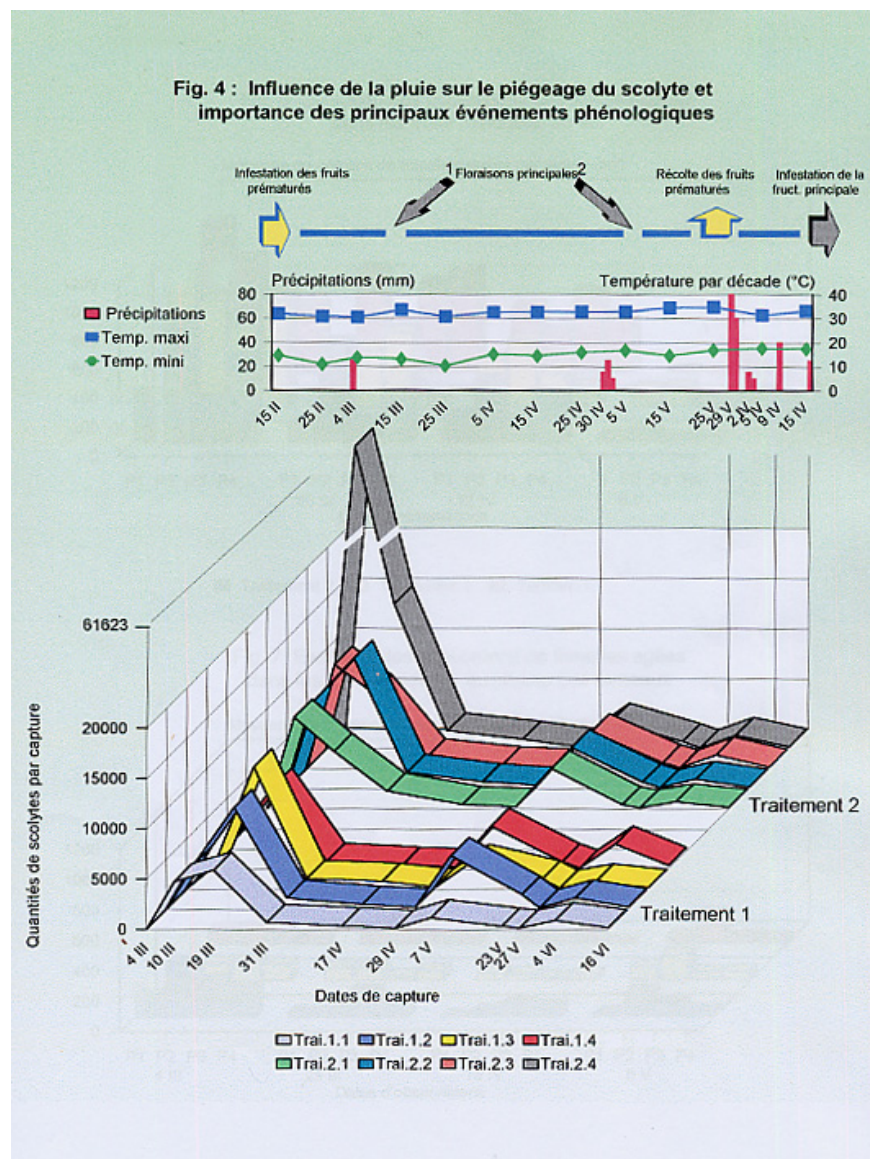


Fig. 4. Influencia de la lluvia sobre la migración de la broca

Evolución de las migraciones de broca en el transcurso del día (Fig. 5): la temperatura es un factor que controla la duración diaria de las migraciones de broca. El pico de captura que indica el mejor momento con la mayor emergencia de broca se ubica entre las 4 h y 5 h de la tarde. Es el momento más caliente a dentro del cafetal y por lo tanto más favorable para la emergencia.

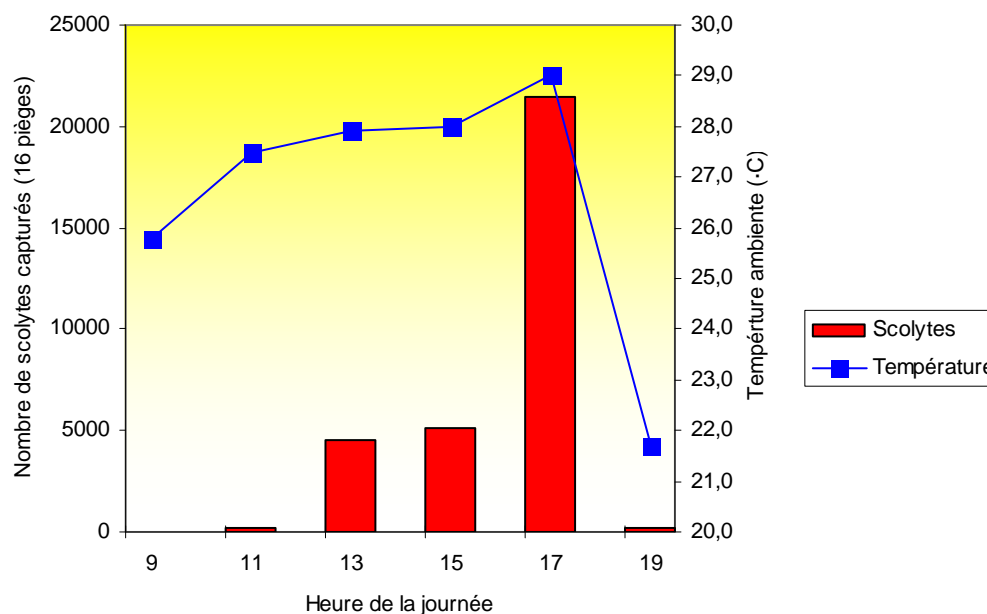


Fig. 5. Evolución de las capturas en el transcurso del día

3. Estudio de la especificidad del atrayente para la broca

Las trampas cebadas con la mezcla etanol-metanol pueden capturar otros insectos que la broca. En el estudio de trapeo realizado en 1998 en 35 días, se capturaron 71657 brocas y 2190 otros insectos que pertenecen a 78 especies diferentes. Al final la proporción de broca atraída y capturada por la trampa corresponde a más del 97% del total capturado. La casi totalidad de los otros insectos caen en las trampas por casualidad o son atraídos por el agua del recipiente de captura (moscas, hormigas). Muy pocos insectos capturados son benéficos.

4. Validación de la trampa BROCAP® en cafetales bajo sombra

La validación de trampa BROCAP® es una operación que se realizó a gran escala en las tres regiones cafetaleras de El Salvador, durante dos años seguidos. El personal técnico de PROCAFE fue movilizado para identificar y delimitar las parcelas experimentales, instalar las trampas y realizar los muestreos.

Este estudio tenía como propósito evaluar la trampa BROCAP® en cafetales bajo sombra, para poder utilizarla como nueva herramienta de control de la broca. De las 15 pares de parcelas seleccionadas al inicio, ocho se analizaron en 2000 y cuatro en 2001. Los resultados son presentados en el cuadro 9.

Cuadro 9. Resultados de la validación de la trampa BROCAP®

Sitios	Infestaciones después del periodo de trampeo						Eficacia (reducción núm broca respecto al testigo)	Ganancia en cosecha (% peso café oro)
	Parcelas sin trampa			Parcelas con trampas				
	Número brocas /caféto	Tasa de ataque en agosto	Tasa de ataque en dic.	Número brocas /caféto	Tasa de ataque en agosto	Tasa de ataque en dic.		
S1 - San Pablo	43.4	4.0	?	38.1	3.3	6.2	12.2	5.2
S2 - Atocha	62.3	4.5	13.2	11.8	1.0	4.6	81.1	16.3
S3 - El Zapote	84.7	9.2	18.1	16.6	5.6	11.7	80.4	8.4
S4 - Santa Laura	38.0	5.7	9.4	22.3	4.6	5.7	41.3	10.6
S5 - Las lajas	77.7	5.3	12.2	12.0	0.5	4.9	84.6	2.9
S6 - Codorniz	12.3	?	?	8.5	1.9	4.8	30.9	4.5
S7 - Lutecia	42.5	?	18.6	24.5	6.7	10.4	42.4	11.7
S11 - Los humos	18.3	7.2	32.6	12.6	3.5	15.6	31.2	8.4
S'2 - Atocha	15.8	2.3	5.3	2.0	0.2	0.8	87.1	3.3
S'3 - El Zapote	37.9	2.0	4.2	11.1	0.8	2.3	70.7	6.9
S'7 - Lutecia	11.8	1.5	3.0	?	?	1.2	-	3.4
S'9 - Carbonera	25.3	2.2	5.3	?	?	1.3	-	10.3

Los resultados de eficacia de esta validación son variables. Sin embargo se comprobó que estas variaciones eran muy dependientes de la calidad del manejo agronómico de los cafetales. Así, en las parcelas bien manejadas, el trampeo presentó niveles de eficacia arriba del 80%. Se confirmó que los picos de migración eran relacionados con las primeras lluvias significativas y que la trampa BROCAP® tenía una gran capacidad de captura. Se confirmó también que la tasa de ataque de broca era un buen indicador de los efectos del trampeo así como el rendimiento café cereza/oro. En esta validación los rendimientos de producción fueron más altos en áreas con la trampa BROCAP® que en parcelas sin trampeo.

5. Evaluación de la trampa BROCAP® en cafetales a pleno sol

Este trabajo se realizó en la región de Matagalpa, Nicaragua, con el apoyo técnico del personal de la finca “la Cumplida”.

El objetivo del estudio era de evaluar la trampa BROCAP® en cafetales a pleno sol e identificar los cambios a realizar en la metodología del trampeo para adaptarla a este tipo de manejo agronómico. De los 13 sitios seleccionados organizados en parcelas apareadas (“trampeo” y “testigo”), nueve eran plantados de cafetos con un follaje bien desarrollado (poda de más de dos años) y cuatro plantados con cafetos recién podados, entonces con un follaje muy reducido. Entre los nueve sitios, seis presentaron diferentes grados de reducción de infestación de broca en las parcelas “trampeo” con respecto a las parcelas “testigo” (Cuadro 10). Entre los otros cuatro sitios no se notó el efecto del trampeo.

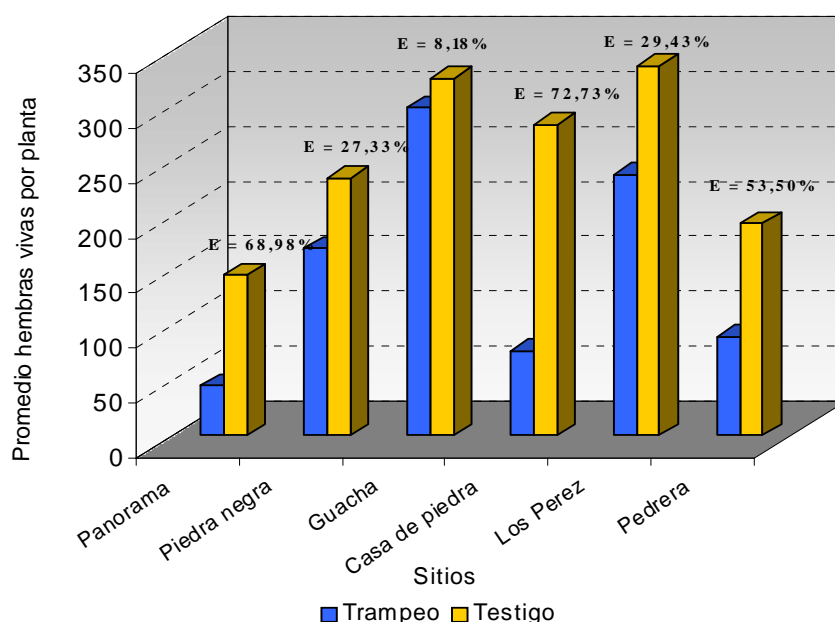


Fig. 6. Eficacia del trampeo (E) en las donde los niveles de infestación son más bajos que los del testigo

Los resultados de eficacia indican que el trampeo funciona en parcelas a pleno sol solamente cuando los cafetos son bastante altos y productores de sombra, lo que favorece la circulación del atrayente debajo de la cobertura y reduce su ascensión rápida y directa. A pesar del buen funcionamiento del trampeo en esas condiciones de auto-sombra, los niveles de infestación sobre la nueva fructificación quedaron altos ya que grandes cantidades de frutos brocados residuales habían quedado tanto en las ramas como en el suelo.

6. Ensayo comparativo de trampeo: trampa BROCAP® vs trampa de fabricación artesanal

El desarrollo de las trampas artesanales tanto en El Salvador como en los países vecinos, ha permitido ampliar el uso del trampeo, como método de control de la broca. Sin embargo, era importante saber si la trampa artesanal tenía la misma capacidad de captura que la trampa BROCAP® con la cual se elaboró la técnica que se aplica actualmente en varias partes del mundo.

Este ensayo tenía como principal objetivo comparar la capacidad de captura de la trampa BROCAP® con la del modelo de trampa artesanal recomendado por PROCAFE (Cuadro 11). También, era oportuno medir el impacto del uso de cada uno de los modelos sobre los niveles de infestación (Cuadro 12).

Cuadro 10. Comparación de capturas

Tipo de trampa	Cantidad de brocas por parcela, a diferentes fechas de revisión de capturas				Cantidad total/parcela
	28 abril	13 mayo	4 junio	24 junio	
BROCAP® (6 trampas)	14	1361	2766	2204	6345
Artesanal (6 trampas)	22	2057	895	582	3556

Cuadro 11. Niveles de infestación durante la cosecha (diciembre de 2004):

Bloque	Número frutos brocados por muestra (1000 frutos observados)		
	Trampa BROCAP®	Trampa artesanal	Testigo
1	30 (3%)	70 (7%)	60 (6%)
2	20 (2%)	39 (3%)	70 (7%)
3	30 (3%)	35 (3,5%)	60 (6%)
Promedio	26.6	45	63.3
Prueba de Friedman : NS	A	A	A

La trampa BROCAP® tiene una superioridad en cuanto a su potencial de captura. Este resultado confirma los resultados comparativos anteriores, tanto los obtenidos en El Salvador como en México, Honduras y otros países. La trampa BROCAP® tiene también un mejor efecto de control de la broca en el campo (no significativo).

7. Conclusión sobre la trampa BROCAP® y el trampeo

La trampa BROCAP® se elaboró a raíz de tres años de investigaciones en laboratorio y campo. Se logró fabricar una mezcla muy atractiva compuesta de etanol y metanol y un sistema de difusión sencillo y eficaz. La estructura de la trampa se realizó a partir de varios criterios que fueron optimizados: diseño, forma, color, materia prima. El modelo comercial, fabricado de manera industrial, fue probado en condiciones de campo: se confirmó su superioridad a capturar la broca y se logró perfeccionar la técnica de trampeo. Para prevenir los riesgos de accidentes relacionados con la presencia de metanol en el atrayente, un aditivo anti-ingestión ha sido agregado.

La superioridad de la trampa BROCAP® se explica por parte, con la presencia de un receptáculo muy ancho que permite capturar grandes cantidades de broca en poco tiempo. Así, esta capacidad de captura se manifiesta de manera significativa durante los grandes picos de migración y también a menor escala, durante las últimas horas del día, cuando la temperatura elevada en los cafetales provoca fuertes emergencias y migraciones de la broca residual.

La eficacia de la trampa BROCAP® utilizada sola en cafetales bajo sombra, sin otro componente de control, puede alcanzar niveles elevados, hasta más de 80% en cuanto a la reducción de infestaciones con respecto a parcelas sin trampeo. Este resultado sobrepasa la capacidad de control del control biológico. Sin embargo, la eficacia puede presentar importantes variaciones según la calidad del manejo de los cafetales. Por ejemplo, en un cafetal donde se descuidan el manejo agronómico y la cosecha sanitaria, no se logra controlar la broca de manera satisfactoria con el trampeo. De la misma manera, en las parcelas en pleno sol, plantadas con cafetos de porte bajo y follaje reducido o discontinuo, la trampa no atrae a la broca ya que la difusión del atrayente tiene una trayectoria ascensional que no permite alcanzar los frutos brocados residuales a nivel del suelo y de las ramas.

La trampa BROCAP® ha sido objeto de numerosas copias de tipo artesanal en todos los países productores de café de la región. Las trampas artesanales tienen un potencial de captura inferior a lo de la BROCAP®, sin embargo, el costo de fabricación es menor ya que la estructura de estas trampas se elabora con envases vacíos de gaseosas.

El uso de trampas artesanales ha generado un importante riesgo: la fabricación casera del atrayente, sin medidas de seguridad y sin control de uso. La presencia de metanol en el atrayente representa un peligro que se minimiza cuando los difusores son etiquetados, el atrayente está mezclado con colorante específico y aditivo anti-ingestión y cuando los usuarios poseen una guía de uso y una ficha de prevención de riesgos. Todas estas medidas son parte del sistema BROCAP®.

PARTE 7

RESULTADOS DE INVESTIGACIONES EN MANEJO INTEGRADO DISEÑADO CON TRES COMPONENTES

Con el incremento de las infestaciones de broca en El Salvador y en los países vecinos en el año 2003, se tomó la decisión de aumentar el campo de investigación del trampeo, integrándolo con otras actividades de control ya que los resultados del trampeo solo, a veces muy promisorios, no alcanzaron los niveles esperados, es decir, estables y arriba del 90%. En primer lugar era necesario identificar los defectos del control de la broca en general y luego, asociar adecuadamente el trampeo con otros componentes del MIB, aplicados de manera estricta, para lograr un nivel de excelencia en el control. Este trabajo duró cuatro años. Para el documento presente, se seleccionaron los principales resultados que permitieron definir una nueva forma de uso del trampeo.

1. Aspectos metodológicos (Fase 1)

El primer ensayo tenía como objetivo evaluar varios componentes del MIB solos o asociados, manejados con los criterios del caficultor. En este contexto, se aplicó un diseño experimental de tipo “split plot” con ocho tratamientos y tres repeticiones. Las prácticas agronómicas realizadas en el marco de este ensayo (primer componente) no tuvieron efecto sobre las poblaciones de broca porque se aplicaron de manera inadecuada e incompleta. La cosecha sanitaria (segundo componente) fue insuficiente y el trampeo (tercer componente) no dio los resultados esperados. Por otro lado, el diseño experimental se reveló inadecuado para este tipo de estudio: muchos tratamientos, pocas repeticiones.

2. Aspectos metodológicos (Fase 2)

El segundo ensayo tenía como objetivo comparar dos tipos de manejo de la broca en tres componentes: uno con los criterios del productor (testigo), otro con los criterios del investigador (prueba). Se aplicó un diseño en bloques con cuatro tratamientos y seis repeticiones. La cosecha sanitaria y las prácticas agronómicas aplicadas según los

criterios del investigador presentaron un efecto muy fuerte sobre la disminución de los niveles de infestación. En cambio, el trampeo no dio los resultados esperados por existencia de interferencias entre parcelas-trampeo y el resto del cafetal. Para evitar este problema, es necesario rodear las parcelas de trampeo con áreas de protección.

3. MIB con tres componentes (Fase 3)

En el tercer ensayo se corrigieron los errores de diseño y se redujeron los tratamientos para evidenciar mejor las diferencias entre testigo y manejo integrado. Los resultados son presentados en la figura 7. La eficacia expresada en porcentaje de disminución de cantidad de frutos brocados con respecto al testigo, por las seis repeticiones fue de: 92.4, 93.85, 94.15, 96.22, 90.15 y 90.53 % respectivamente. Por primera vez, la eficacia sobrepasa el umbral del 90 % y su valor en cada repetición se mantiene bastante estable, lo que marca la diferencia con los resultados de otros estudios donde únicamente se utilizó el trampeo (Dufour *et al.*, 2000, 2004).

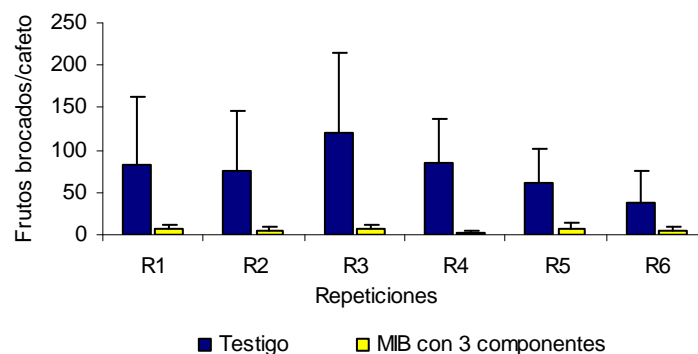
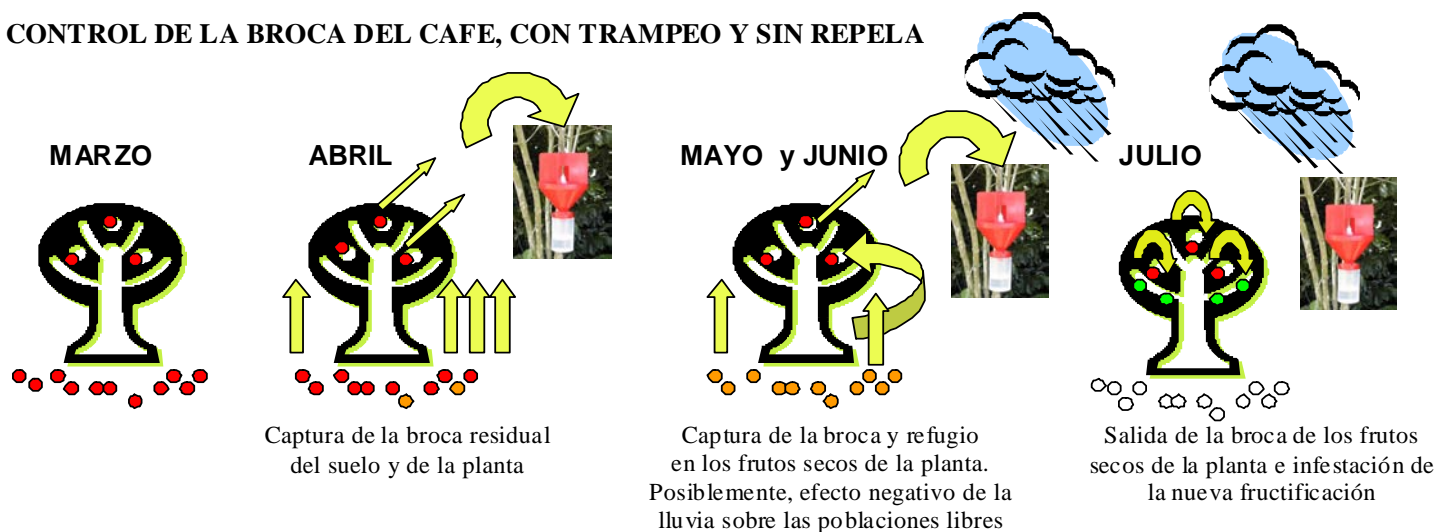


Fig. 7. Cantidad de frutos brocados por café en parcelas “testigo” sin trampeo y “MIB” con trampeo, después de la colonización de la nueva fructificación por la broca

El trampeo reemplaza parcialmente la pepena ya que elimina las poblaciones migrantes que provienen de los frutos residuales del suelo. Por otra parte, al elegir la repela como complemento natural del trampeo, se eliminan todas las posibilidades de refugio de la broca y por lo tanto, de sobrevivencia del insecto fuera de los frutos. El rol de la repela se presenta en el esquema teórico de la figura 8.

CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE, CON TRAMPEO Y SIN REPELA



CONTROL DE LA BROCA DEL CAFE, CON TRAMPEO + REPELA ESTRUCTA

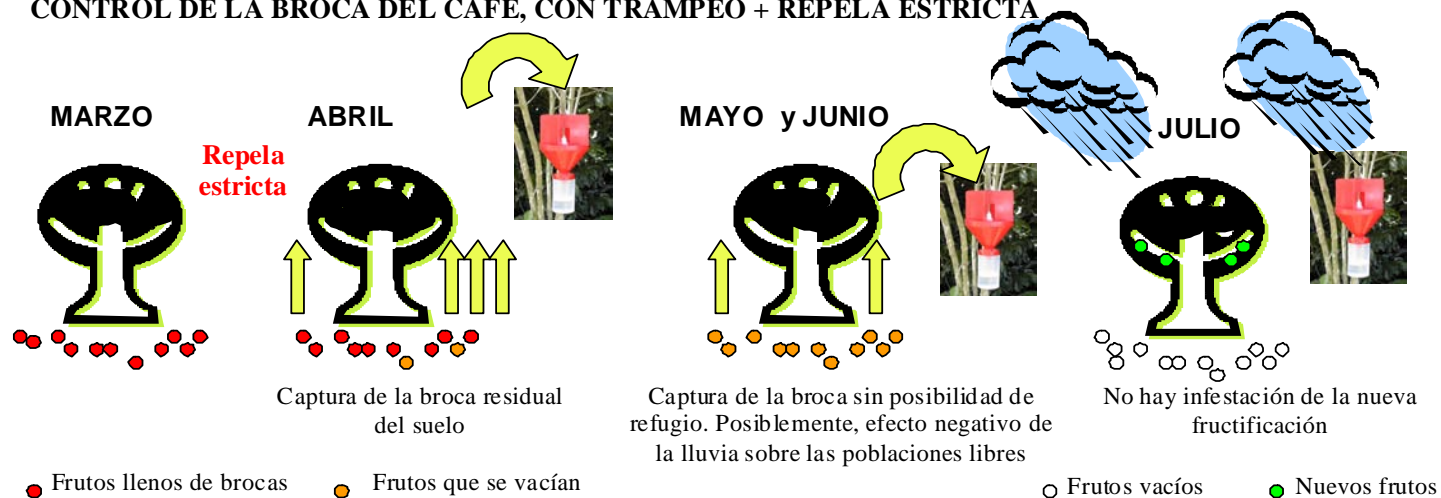


Fig. 8. Esquema teórico que muestra el proceso de infestación de la broca usando solo trampeo (arriba) y trampeo + repela estricta (abajo)

4. MIB con dos componentes (Fase 4)

En el cuarto ensayo similar al anterior, el MIB fue evaluado tomando en cuenta solamente la repela y el trampeo sin aplicar el componente “control agronómico” que corresponde a varias actividades tales como la poda de cafetos y árboles de sombra y el ordenamiento del cafetal. Los resultados indican que la ausencia de este componente afecta del 20% aproximadamente, el nivel de eficacia del MIB con dos componentes.

El rol del control agronómico es contribuir a ventilar el cafetal y facilitar la penetración de la luz solar. De esta manera, se acelera el desecamiento de las cerezas residuales caídas al suelo y por lo tanto se reduce el desarrollo de las poblaciones de broca que sobreviven en estos frutos.

5. Validación del MIB

La primera tentativa de establecimiento de una red de ensayos de validación del MIB ha sido apoyada por el IICA/PROMECAFE a partir de 2006. Cuatro países participaron a esta evaluación: El Salvador, Honduras, Jamaica y República Dominicana. El objetivo era de evaluar el MIB, aplicando tres componentes: trampeo, repela estricta y control agronómico. En realidad se aplicaron solamente los dos primeros. El tercer componente no se aplicó o se aplicó parcialmente por falta de personal disponible al momento adecuado.

En la mayoría de los ensayos de validación, los resultados fueron afectados por haber realizado una repela incompleta.

6. Conclusión sobre el MIB diseñado con tres componentes

El MIB diseñado con tres componentes es la respuesta al problema de la inestabilidad de la eficacia del trampeo (Dufour et al. 2000, 2004) utilizado solo. La repela y el control agronómico son verdaderos complementos biológicos, cada uno con su estrategia para controlar las poblaciones de broca que la trampa no puede capturar.

De las tres actividades del MIB, el trampeo es la única que requiere inversión. Es necesario disponer de las cantidades de trampas adecuadas, con sus respectivos difusores para asegurar un funcionamiento de cuatro meses por año. Durante este período se utilizan aproximadamente 38 ml de atrayente o sea dos difusores de 19 ml por trampa. Trampas y difusores tienen costos que varían en función del modo de fabricación y del valor de la materia prima.

El costo de las actividades agronómicas como poda y ordenamiento de las parcelas, forma parte de los gastos anuales del mantenimiento del cafetal. El costo de la repela

corresponde al salario del personal que se dedica a esta tarea por una duración definida. Se autofinancia con la venta de las cerezas residuales cosechadas.

Al final, para poder realizar la divulgación del MIB con tres componentes, es necesario seguir con la validación de la técnica, tomando en cuenta las recomendaciones hechas en el marco de la primera validación.

PARTE 8

CONCLUSION GENERAL

Los trabajos de investigación que se llevaron a cabo a partir de 1995 tuvieron como principal enfoque, la evaluación de las eficacias de los métodos no químicos de control de broca, con el fin de apoyar a los productores de café en la elección de métodos eficaces, prácticos y económicos. En los años 1995-1997, la confirmación de la no sostenibilidad del control biológico a gran escala con *C. stephanoderis*, no fue muy bien aceptado por los promotores del control biológico, especialmente en las instituciones a cargo de proyectos con parasitoides. Sin embargo, los resultados fueron muy demostrativos y durante los últimos años de crisis del sector café, los caficultores buscaron nuevas alternativas más eficaces y económicas. El trapeo fue una solución muy exitosa ya que respondió a las necesidades de las caficultura. Las tres instituciones: CIRAD, IICA/PROMECAFE y PROCAFE consintieron un plan a largo plazo de investigación en trapeo que permitió estudiar los aspectos básicos, elaborar una trampa de tipo industrial y evaluarla en condiciones de campo. En realidad, la divulgación tomó el paso sobre el perfeccionamiento. El trapeo solo, no alcanzó la excelencia en control y para lograr una eficacia arriba del 90%, la estrategia fue de asociar el trapeo con dos componentes del manejo integrado (MIB). Esta vez, con este método llamado “Manejo Integrado de la Broca diseñado en Tres Componentes” los resultados son conformes a lo esperado. Ahora, es importante seguir las primeras acciones de divulgación de la técnica iniciadas en 2008; seguir también las operaciones de validación y adaptación en las diferentes zonas de distribución de la broca. PROMECAFE, con su tradicional experiencia en cooperación regional e internacional, debe seguir en esta vía para contribuir a reducir duraderamente el impacto de la broca sobre la producción de café en Mesoamérica.

PARTE 9

LISTA DE PUBLICACIONES, DOCUMENTOS Y PRESENTACIONES A WORKSHOPS Y CONGRESOS, DESDE 1996

Control biológico (broca)

Dufour B, Calderon S, Bernadette L, Aragon F, 1996. Control biológico de la broca del cafeto con *Cephalonomia stephanoderis* Betrem. 3. Eficacia en periodo de post-cosecha en función de la cantidad relativa liberada. In: XVII Simposio sobre caficultura latinoamericana, 1995/10/23-27, San Salvador, El Salvador, IICA-PROMECAFE, Tegucigalpa, Honduras, 13 p.

Dufour B, Calderon S, Bernadette L, Aragon F, 1997. Lutte biologique contre le scolyte des baies du caféier, en période de post-récolte : méthodes d'évaluation. Plant. Rech. Dév. vol. 4, 2, p. 115-125.

Dufour BP, Barrera JF. Decazy B., 1999. La broca de los frutos del cafeto ¿la lucha biológica como solución? In: Desafío de la caficultura en Centroamérica. Ed. B. Bertrand et B. Rapidel, IICA/CIRAD/IRD, San José de Costa Rica, 293-325.

Trampeo (broca)

Dufour B.P., González M.O. y Frérot B. 1999. Piégeage de masse du scolyte du café *Hypothenemus hampei* Ferr (Col. Scolytidae) en conditions réelles: premiers résultats. In: *Proceeding of 18th International Conference on Coffee Science (2-9 VIII 1999, Helsinki, Finlandia)*. Helsinki, FI, ASIC, 480- 491.

Dufour B.P. y González M.O. 2000. Desarrollo de una metodología de trampeo masivo de broca. Años 1997-2000. Avances y perspectivas. *International Coffee Berry Borer IPM workshop, May 1-6 2000, Mississippi State University, Columbus, USA.*

Dufour B.P. 2001. Le piégeage du scolyte du café. *Plantations, recherche, développement*. N° spécial: Regards sur les cultures pérennes, 37-39.

Dufour B.P., Picasso C. and González M.O. 2001. Contribution to the development of a trap against coffee borer *Hypothenemus hampei* Ferr en El Salvador. In *proceeding of 19th International Conference on Coffee Science (5-14 V 2001, Trieste, Italia)*. Trieste, IT, ASIC.

Dufour B.P. 2002. Desarrollo de una metodología de trampeo masivo de broca. Años 1997-2002. Avances y perspectivas. *II seminario Internacional de broca del café, 26 julio de 2002, PROMECAFE/ICAFE, Villa Sarchi, Costa Rica.* 5 p.

Dufour B.P. 2002. Importance du piégeage pour la lutte intégrée contre le scolyte du café, *Hypothenemus hampei* Ferr. *Plantations, recherche, développement*, 3, 109-116.

Dufour B.P. y Hernández A. 2002. Control de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr., en El Salvador. Veinte años de experiencia. *II seminario Internacional de broca del café, 26 julio de 2002, PROMECAFE/ICAFE, Villa Sarchi, Costa Rica.* 6 p.

Dufour B.P., González M.O., Mauricio J.J., Chávez B.A. y Ramírez Amador R. 2003. Validación del trampeo de la broca del café con la trampa BROCAP®. *In memoria: XX Simposio Latinoamericano de Caficultura, mayo de 2003, IICA/PROMECAFE, San Pedro Sula, CD-rom.*

Dufour B.P. 2004. Nouvelle alternative pour la lutte intégrée contre le scolyte des baies du caféier : le piégeage. Première phase : recherches et mises au point (1997-1999). *Informe CIRAD, Montpellier*, 85 p.

Dufour B.P. 2004. Nouvelle alternative pour la lutte intégrée contre le scolyte des baies du caféier : le piégeage. Deuxième phase : élaboration du piège à scolytes BROCAP®, validation et perfectionnements (2000-2003). *Informe CIRAD, Montpellier*, 76-[24] p.

Dufour B.P. 2004. Condiciones de uso de las trampas en el control de la broca del café. *Workshop internacional sobre manejo de la broca del café, 38 nov.-2 dic. de 2004, IAPAR/SEAB/GOV. PARANA, Londrina, Paraná, Brasil.*

Dufour B.P., González M.O., Mauricio J.J., Chávez B.A. and Ramírez Amador R. 2004. Validation of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferr.) trapping with the BROCAP® trap. *Poster in: proceeding of 20th International Conference on Coffee Science, ASIC 2004, Bangalore, India, CD-rom.*

Dufour B.P. 2005. Elaboración de un método estándar para la evaluación del trampeo de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. *In memoria: XXI Simposio Latinoamericano de Caficultura, 14-15 julio de 2005, IICA/PROMECAFE, San Salvador, El Salvador, CD-rom.*

Dufour B.P. 2005. Evaluación del trampeo de la broca con la trampa BROCAP®, solo o asociado a diferentes técnicas del manejo integrado. *Presentación power-point, PROCAFE. San Salvador, El Salvador, 22 diapositivas.*

Dufour B.P. 2006. "BROCAP®", un piège pour lutter contre un ravageur du caféier. Actions de recherches, sitio web: www.cirad.fr.

Dufour B.P. and Frérot B. 2008. Optimisation of trapping of coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferrari (Col. Scolytidae) with an attractant mixture. *J. Appl. Entomol.*, vol 132 : 7, 591-600.

Manejo integrado (broca)

Dufour B, Decazy B. 1997. Mise en place d'une lutte intégrée contre le scolyte des fruits du caféier en Amérique Centrale. Poster. In: IV Conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. 1997/01/06-08, Montpellier, France. ANPP, Paris, France, 2, 601-606.

Dufour B.P., Franco. F. y Hernández A. 2007. Evaluación del trampeo en el marco del manejo integrado de la broca del café. Simposio internacional "Broca del café 2007", 17/06/07 – 21/06/07, Acapulco México. In: La broca del café en América tropical: Hallazgos y enfoques / by J.F. Barrera, A. Garcia, V. Dominguez and C. Luna (eds.). - Mexico : Sociedad Mexicana de Entomología, 2007.

Dufour B.P. 2008. Manejo integrado de la broca del café diseñado con tres componentes. Brochure, Ed. IICA-PROMECAFE/CIRAD/MAE/PROCAFE, El Salvador, 8 p.

Dufour B.P. 2008. Coffee berry borer triple-action integrated pest management Brochure, Ed. IICA-PROMECAFE/CIRAD/MAE/PROCAFE, El Salvador, 8 p.

Dufour B.P. 2008. Coffee berry borer triple-action integrated pest management. Poster, Endure International Conference Diversifying Crop Protection, 12 – 15 oct. 2008, La Grande Motte, France.

Control biológico (cochinilla rosada)

Dufour B.P., León J. 1997. Informe de misión de información sobre el control de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus* Green) en la región del Caribe. IICA, El Salvador, 22 p.

Dufour B.P. 1997. Informe sobre la situación en las Islas francesas del Caribe. Reunión internacional sobre la cochinilla rosada. IICA/SAGH/OIRSA, 26-27 2007, Agosto Tegucigalpa, Honduras.

PARTE 10

PRINCIPALES DOCUMENTOS IN EXTENSO PUBLICADOS EN 2007 Y 2008

Optimization of coffee Berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Col. Scolytidae), mass trapping with an attractant mixture (Dufour BP & Frérot B., 2008).

Evaluación del trampeo en el marco del manejo integrado de la broca del café. (Dufour BD, Franco F. F. & Hernández A., 2007)

Manejo integrado de la broca del café diseñado con tres componentes. (Dufour BP, 2008).